



KYLMIÖMITTAUSJÄRJESTELMÄ APTEEKKIIN

Jaakko Aro

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2015
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Automaatiotekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Automaatiotekniikan suuntautumisvaihtoehto

ARO, JAAKKO:
Kylmiömittausjärjestelmä apteekkiin

Opinnäytetyö 36 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Huhtikuu 2015

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia Schneider Electricin TR104-lämpötilatallentimen soveltuvuutta apteekkiympäristöön sekä muokata sitä asiakkaan tarpeisiin. Työ suoritettiin Schneider Electricin toimeksiannosta, mutta itse työ suoritettiin itsenäisesti. Työn tarkoituksena oli selvittää, miten olemassa oleva TR104-lämpötilatallennin soveltuu apteekkien kylmiöiden ja jääkaappien lämpötilaseurantaan. Vertailukohtana käytettiin Ideaparkin apteekkia ja sen lääkkeiden säilytykseen tarkoitettuja jääkaappeja.

Toimivalla automaattisella lämpötilaseurantajärjestelmällä saavutetaan taloudellisia säästöjä. Se lisää työvoimaa, koska henkilökunnan ei tarvitse itse valvoa lääkkeiden säilytyslämpötiloja, vaan järjestelmä hoitaa sen automaattisesti heidän puolestaan. Vika-tilanteessa järjestelmä ilmoittaa muuttuneista säilytysolosuhteista, ja asiaan ehditään reagoida ennen kuin tuotteet ehtivät pilaantua.

Tavoitteiden saavuttamiseksi työssä selvitettiin, mitä vaatimuksia lääkkeiden lämpötilaseurannalle on apteekeissa ja mitä muita mahdollisia standardeja ja viranomaismääräyksiä sille on annettu. Lisäksi TR104-lämpötilatallenninta verrattiin Ideaparkin apteekissa tällä hetkellä käytössä olevaan SeeMoto-lämpötilaseurantajärjestelmään sekä Nokeval Oy:n järjestelmään. Vertailussa käytettiin kriteereinä hankinta- ja ylläpitokustannuksia, luotettavuutta, tarkkuutta, käyttöönottoa ja käytettävyyttä.

Tutkimusten perusteella saatiin selvitettyä TR104-lämpötilatallentimen heikkoudet ja vahvuudet. Vahvuuksiksi osoittautuivat hankinta- ja ylläpitokustannukset sekä tarkkuus ja luotettavuus. Kritiikkiä laite sai antureiden asentamisesta mittauskohteeseen ja mittauspisteiden rajallisesta määrästä. Lisäksi heikkoudeksi osoittautui hälytysten saattaminen käyttäjän tietoon, kun ketään ei ole apteekissa paikalla. Sellaisenaan TR104-lämpötilatallennin soveltuu kohteisiin, jossa on maksimissaan neljä mittauspistettä ja hälytysten havaitsematta jättäminen ei tuota suuria ongelmia.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Option of Automation Engineering

ARO, JAAKKO:

A Temperature Measurement System for a Pharmacy Cold Room

Bachelor's thesis 36 pages, appendices 0 pages

April 2015

The purpose of this thesis was to study how Schneider Electric's TR104-temperature recorder suits to a pharmacy use. The aim was also to modify it to meet the customer's requirements. This thesis was commissioned by Schneider Electric but all the work was made independently.

With the automatic temperature measurement system a pharmacist can make financial savings. The system increases workforces because the staff does not need to check the cold room's temperatures all the time. It can also save money in the event of cold room breakdown. The staff can save the products before it is too late.

In the theoretical section the requirements which are set to the temperature measurement at the pharmacies were established. The TR104-temperature recorder was compared to the other similar systems which were SeeMoto-temperature measurement system and a collection of Nokeval's products. The criteria were costs, reliability, accuracy, commissioning and usability.

The findings indicated that the TR104-temperature recorder suits to be used at the pharmacy with certain qualifications. It has a few weaknesses which are alarms, measurement type and the number of measurement points. The strengths of the recorder are accuracy, commissioning and costs.

Key words: temperature, measurement, monitoring, lastingness

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Työn kuvaus ja tavoitteet	6
1.2	Schneider Electric Finland Oy	6
1.3	Apteekki Ideapark.....	7
2	LÄMPÖTILAN SEURANNAN VAATIMUKSET APTEEKISSA	8
2.1	Lääkkeiden säilytysolosuhteet	8
2.2	Viranomais määräykset.....	10
2.3	Olosuhdeseurannan tavat	11
3	LÄMPÖTILATALLENNIN SCHNEIDER ELECTRIC TR104.....	12
3.1	Perustiedot	12
3.2	Tuotekuvaus.....	13
3.3	Laitteisto	14
3.3.1	Säädin.....	14
3.3.2	Lämpötilalähetin	14
3.3.3	Anturit	15
3.4	Käyttöönotto	16
3.4.1	Hälytysrajojen ja mittausten nimien asettelu	16
3.4.2	Verkko- ja kelloasetukset.....	18
4	APTEEKIN NYKYINEN LÄMPÖTILANMITTAUSJÄRJESTELMÄ	19
4.1	TGG-tukiasema.....	19
4.2	Anturit.....	20
4.3	SeeMoto Web	20
5	TR104-LÄMPÖTILATALLENTIMEN VERTAILU MUIHIN VASTAAVIIN JÄRJESTELMIIN	21
5.1	Nokevalin langaton mittausjärjestelmä.....	21
5.1.1	Nokevalin lämpötilalähetimet.....	21
5.1.2	Ovalink tukiasema.....	23
5.1.3	Ovaporit.....	24
5.2	Järjestelmien vertailu	25
5.2.1	Käyttöönotto.....	25
5.2.2	Käytettävyys.....	26
5.2.3	Luotettavuus ja tarkkuus	27
5.2.4	Kalibrointi ja toiminta-aika	28
5.2.5	Kustannukset.....	29
6	TR104:N KEHITYS APTEEKKIYMPÄRISTÖÖN	31
6.1	Puutteet	31

6.2 Ratkaisut	32
7 POHDINTA.....	34
LÄHTEET.....	35

1 JOHDANTO

1.1 Työn kuvaus ja tavoitteet

Työn tavoitteena on tutkia Schneider Electricin TR104-lämpötilatallentimen soveltuvuutta apteekkiympäristöön sekä muokata sitä asiakkaan toiveiden ja tarpeiden mukaisesti. Toimivalla lämpötilanseurantajärjestelmällä saadaan tarkkaa tietoa lääkkeiden ja muiden valmisteiden lämpötiloista, jolloin voidaan varmistua niiden säilyvyydestä lämpötilojen kannalta. Automaattinen lämpötilanseurantajärjestelmä säästää lisäksi työresursseja, koska käsin kirjattavaan lämpötilojen seurantaan ei ole enää tarvetta. Työn päämääränä on siis selvittää miten TR104-lämpötilatallennin soveltuu apteekin lämpötilaseurantaan.

Tavoitteen saavuttamiseksi tutkitaan Ideaparkin apteekissa tällä hetkellä olevaa lämpötilanseurantajärjestelmää ja selvitetään sen puutteita ja mitä kehitettävää siinä on. Lisäksi selvitetään, mitä erilaisia määräyksiä ja standardeja lämpötilojen seurannalle on. Järjestelmän kehittämiseksi kysellään apteekin henkilökunnalta, mitä he haluaisivat kyseiseltä laitteistolta. Esimerkiksi mikä helpottaisi heidän työskentelyään ja millaisessa muodossa he haluaisivat lämpötiloja seurata (trendikäyrät, keskiarvot, maksimi- ja minimiarvot).

1.2 Schneider Electric Finland Oy

Schneider Electric on globaali energian hallinnan asiantuntija, ja sillä on toimintaa yli sadassa maassa. Yritys tarjoaa integroituja ratkaisuja lukuisille eri markkina-alueille. Konserni on johtava toimija energia- ja infrastruktuurimarkkinoilla, teollisissa prosesseissa, rakennusautomaatiossa sekä tietoliikennekeskuksissa ja -verkoissa. Lisäksi se on laajalti edustettuna asuinkiinteistösovelluksissa. (Schneider Electric. 2015a.)

Yrityksen yli 140 000 työntekijää auttavat aktiivisesti ihmisiä ja organisaatioita hyödyntämään energiaa mahdollisimman tehokkaasti. Vuonna 2012 yrityksen liikevaihto oli 24 miljardia euroa. (Schneider Electric. 2015a.)

Suomen Schneider Electric toimii yli 20 paikkakunnalla ympäri Suomea ja tällä hetkellä se työllistää yli tuhat energianhallinnan työntekijää. Heidän asiakkaitaan ovat esimerkiksi energia- ja verkkoyhtiöt, teollisuusyritykset, IT -yritykset, kiinteistönomistajat, rakennusliikkeet ja kotitaloudet. (Schneider Electric. 2015a.)

1.3 Apteekki Ideapark

Ideaparkin apteekki sijaitsee Lempäälässä kauppakeskus Ideaparkissa ja se on yksi kolmesta Lempäälän apteekeista. Apteekki on yksi Ideaparkin alkuperäisistä liikkeistä ja se avattiin samaan aikaan kauppakeskuksen kanssa joulukuussa 2006. Apteekki työllistää tällä hetkellä noin 15 henkilöä.

Apteekin tila muodostuu myymälästä sekä takatilasta, jossa on varastot, taukotila, pukuhuoneet sekä lääkkeiden valmistustila. Yhteensä pinta-ala on noin 200 m². Kylmässä säilytettäviä tuotteita varten apteekissa on neljä jääkaappia ja yksi viileäkaappi. Kolme jääkaapeista sijaitsee takatilassa ja yksi myymälässä. Myös viileäkaappi sijaitsee myymälän puolella. Tuotteiden säilytyslämpötilaa seurataan SeeMoto-lämpötilan-seurantalaitteistolla. Laitteiston anturit sijaitsevat jää- ja viileäkaapeissa sekä myymälässä, varastossa ja lääkkeiden valmistushuoneessa.

2 LÄMPÖTILAN SEURANNAN VAATIMUKSET APTEEKISSA

Lämpötilojen seuranta on hyvin tärkeää apteekissa. Aptekeissa on usein monia jääkaappeja ja viileäkaappeja, joissa säilytetään lääkkeitä, jotka vaativat huoneenlämpöä alhaisemman säilytyslämpötilan. Tällaisia ovat esimerkiksi jotkin voiteet ja rokotteet. Lääkkeiden säilytyslämpötila vaikuttaa niiden säilymisaikaan, joten jääkaapissa säilytetävien lääkkeiden säilymisaika lyhenee huomattavasti huoneenlämmössä. Osa jääkaapissa säilytettävistä lääkkeistä voidaan säilyttää huoneenlämmössä pakkauksen avaamisen jälkeen, mutta kuitenkin vain valmistajan ilmoittaman ajan verran.

Tuotteiden lämpötilojen seuranta on tärkeää vikatilanteiden varalta. Esimerkkinä voidaan pitää tapausta, jossa apteekissa ei ollut automaattista lämpötilojen seurantalaitteistoa ja yksi jääkaapeista vikaantui. Näin kylmässä säilytettävien tuotteiden lämpötilat pääsivät kohoamaan ja niistä tuli käyttökelvottomia. Tilanne huomattiin vasta seuraavan päivän aamuna työntekijän kirjatessa kylmiöiden lämpötiloja ylös. Vikaantuminen aiheutti apteekille tuhansien eurojen tappiot.

Toisena esimerkkinä voidaan pitää tapausta, jossa lääkkeiden säilytysjääkaapin virtajohdot irrotettiin tahattomasti. Tapaus tapahtui vanhusten hoitokodissa, jossa oli käynnissä sähkösaneeraus. Tässäkin tapauksessa tapahtui tuhansien eurojen tappiot.

Automaattisella lämpötilojen seurantalaitteistolla molemmat tapaukset olisi voitu välttää. Jääkaappien lämpötilojen kohotessa seurantalaitteisto olisi tehnyt hälytyksen ja työntekijät olisivat voineet siirtää tuotteet toimivaan jääkaappiin, ennen kuin niiden lämpötilat olisivat kohonneet.

2.1 Lääkkeiden säilytysolosuhteet

Erilaiset lääkkeet vaativat erilaiset säilytysolosuhteet, koska ne sisältävät erilaisia lääkeaineita ja kaikki aineet eivät säily tietyissä lämpötiloissa. Lääkkeiden pakkauksissa tai käyttöohjeissa on merkittynä niiden säilytysohjeet ja päivämäärä, johon asti ne säilyvät ohjeiden mukaisissa olosuhteissa.

Säilytysohjeilla pyritään varmistamaan, että lääkkeet ovat koko kestoajansa tehokkaita, turvallisia ja laadultaan moitteettomia. Säilytysohjeet esitetään lääkevalmisteen valmisteyhteenvedossa, pakkausselosteessa ja tarvittaessa myös myyntipäällyksessä. Säilytystä koskevat ohjeet ja varoitukset perustuvat aina valmistekohtaisiin tutkimuksiin. (Fimea. 2012.)

Lääkkeet muuttuvat vanhetessaan ja yleensä lääkkeen teho heikkenee, koska vaikuttava aine hajoaa vähitellen. Syntyvät hajoamistuotteet voivat olla myös myrkyllisiä. Tablettivalmisteiden rakenteen muuttuminen vaikuttaa lääkeaineen vapautumiseen ja imeytymiseen. (Fimea. 2012.)

Lämpötila, valosäteily ja suhteellinen kosteus vaikuttavat lääkkeen säilymisaikaan. Lyhytaikainen altistus korkeille lämpötiloille ei vaikuta useimpien lääkevalmisteiden säilyvyyteen. Poikkeuksena ovat hyvin lämpöherkät valmisteet, jotka on tarkoitettu säilötäväksi jääkaapissa. Niille jo lyhytaikainen altistus lämmölle voi olla haitallista. (Fimea. 2012.)

Lääkkeiden säilytysohjeet pohjautuvat valmistekohtaisiin säilyvyystutkimuksiin. Lääkkeen ilmoitettu kesto aika takaa valmisteen säilyvän hyvänä, mikäli se säilytetään ohjeiden mukaisesti myyntipakkauksessaan. Lääkeaineiden ja -valmisteiden säilyvyystutkimusten peruslämpötilaksi on valittu 25 °C ja suhteelliseksi kosteudeksi 60 %. Jos valmiste on hyvin lämpöherkkä, säilyvyystutkimukset tehdään jääkaappiolosuhteissa ja ohjeeksi merkitään ”Säilytä + 2 °C - + 8 °C”. Viileäsäilytys + 8 °C - +15 °C on vähitellen häviämässä. Tämän vuoksi säilyvyyskokeita ei suoriteta enää viileäolosuhteissa eikä uusille valmisteille hyväksyntä enää tällaisia säilytysohjeita.

TAULUKKO 1. Lääkevalmisteiden testaus- ja säilytysolosuhteet (Fimea. 2012.)

Olosuhteet, joissa valmisteen on osoitettu säilyvän	Vaadittavat myyntipäällyksmerkinnät
25°C/60 % SK** pitkäkestoiset ja 40°C/75 % SK kiihdytetyt tai 30°C/65 % SK pitkäkestoiset ja 40°C/75 % SK kiihdytetyt	Ei säilytyslämpötilaan liittyviä myyntipäällyksmerkintöjä.
25°C/60 % SK pitkäkestoiset ja 30°C/65 % SK väliolosuhteet tai 30°C/65 % SK pitkäkestoiset	Säilytä alle 30 °C
25°C/60 % SK pitkäkestoiset	Säilytä alle 25 °C
5°C +/- 3°C pitkäkestoiset	Säilytä jääkaapissa tai Säilytä ja kuljeta kylmässä.
alle 0°C	Säilytä pakastettuna tai Säilytä ja kuljeta pakastettuna.

*Lisävaroitukset merkitään tarpeen mukaan, **SK = suhteellinen kosteus

2.2 Viranomaismääräykset

Lääkkeiden lämpötilojen seuranta on apteekkien omalla vastuulla. Jää- ja viileäkaappien lämpötilasta tulee pitää kirjaa ja säilyttää mittausravot viimeisen vuoden ajalta. Lämpötiloista ei tarvitse lähettää raportteja mihinkään, mutta apteekin tulee pystyä todistamaan määräysten mukaiset säilytysolosuhteet ongelmatilanteiden varalta. Säilytysolosuhteiden valvontaa ja tarkastuksia tekee Suomessa lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskus Fimea. Olosuhdeseurannassa tulee noudattaa Fimean määräyksiä '5/2011 Lääkkeiden toimittaminen' ja '6/2011 Apteekkien lääkevalmistus'.

Lääkkeiden varastointitilojen olosuhdeseuranta tulee suorittaa toimintaohjeiden mukaan ja olosuhdeseurannasta tulee pitää kirjaa. Poikkeamien merkitys lääkkeiden laatuun on arvioitava ja dokumentoitava. Poikkeamien vaativat korjaavat toimenpiteet tulee dokumentoida. Toimintaohjeet hyväksyy apteekkari tai hänen valtuuttamansa henkilö. Henkilökunta on koulutettava työskentelemään toimintaohjeiden mukaisesti. Jos lääkkeen toimittamiseen liittyy kuljetuspalveluiden käyttöä, apteekin tulee varmistua kuljetuksen aikaisten säilytysolosuhteiden asianmukaisuudesta. (Fimea. 2011a.)

Apteekin valmistus- ja varastointitilojen on oltava tarkoituksenmukaiset ottaen huomioon käytettävien raaka-aineiden, puolivalmisteiden ja lääkevalmisteiden ja pakkausmateriaalien erilaiset säilytysolosuhteet. Säilytysolosuhteiden seuranta tulee suorittaa toimintaohjeiden mukaan ja olosuhdeseurannasta tulee pitää kirjaa. Poikkeamien merkitys lääkevalmisteiden laatuun on arvioitava ja dokumentoitava. Poikkeamien vaatimat korjaavat toimenpiteet tulee dokumentoida. (Fimea. 2011b.)

Lääkevalmistustiloissa käytettävien siivousvälineiden säilyttämistä varten tulee olla erillinen tila. Lääkkeiden valmistustilojen puhtaanapito ja olosuhdeseuranta tulee suorittaa toimintaohjeiden mukaan. Puhtaanapidosta ja olosuhdeseurannasta tulee pitää kirjaa. Tilojen mikrobiologista puhtaustasoa on valvottava säännöllisesti ja riittävän usein asianmukaisen mikrobiologisen laatutason varmistamiseksi. (Fimea. 2011b.)

2.3 Olosuhdeseurannan tavat

Säilytysolosuhteiden seurannalle ei ole määriteltyä tiettyä toimintatapaa, jota kaikkien apteekkien tulisi noudattaa. Seurannan tapa on siis apteekin päätettävissä. Yleensä olosuhdeseurannan toimintaohjeet laatii apteekkari tai hänen valtuuttamansa henkilö. Säilytysolosuhteita voidaan tarkkailla esimerkiksi perinteisillä nestepohjaisilla lämpötilamittareilla kuten niin kutsutulla elohopeamittarilla. Elohopeamittarit ovat kuitenkin poistuneet markkinoilta vaarallisuutensa vuoksi ja elohopea on korvattu muilla turvallisemmilla nesteillä kuten värjättyllä etanolilla tai petrolilla. Näin jokaisessa tarkkailtavassa kohteessa tulee olla oma mittari ja lämpötilojen tarkastus hoidetaan manuaalisesti. Kaikkien kohteiden lämpötilat kirjataan ylös paperille vähintään kerran päivässä. Tarkastusraportista tulee selvittää tarkastuksen aika, kohde, mitatut lämpötilat ja tarkastuksen suorittaja. Jos lämpötiloissa huomataan poikkeamia sallituista olosuhteista, tulee toimia Fimean määräysten mukaisesti.

Manuaalinen säilytysolosuhteiden seuranta on yksinkertainen ja edullinen tapa, mutta siinä on omat haittapuolensa. Jokapäiväinen manuaalinen olosuhteiden seuranta kuluttaa tehokasta työaikaa ja maksaa näin epäsuorasti apteekkarille. Lisäksi perinteiset nestepohjaiset lämpötilamittarit eivät anna hälytystä jos kylmiön lämpötila muuttuu haluttujen rajojen ulkopuolelle. Tällaiset tapaukset voivat pilata kylmiössä säilytettävät tuotteet, jos lämpötilan muutosta ei huomata ajoissa. Näin ollen manuaalinen lämpötilan seuranta saattaa aiheuttaa mittavat taloudelliset vahingot vikatilanteessa.

Automaattisella lämpötilanseurannalla tällaisilta tilanteilta voidaan välttyä. Laitteisto tarkkailee kylmiöiden lämpötilaa jatkuvasti ja tekee hälytyksen, jos lämpötila kohoaa tai laskee yli sallituiden rajojen. Automaattisella lämpötilanseurannalla säästetään myös työresursseja, koska käsin tehtävälle lämpötilojen kirjaamiselle ei ole enää tarvetta. Hankintahinta automaattisella laitteistolla on kalliimpi kuin perinteisillä nestepohjaisilla lämpötilamittareilla, mutta säästöä tulee työvoiman kautta. Lisäksi automaattinen järjestelmä maksaa itsensä helposti takaisin vikatilanteessa, jossa olisi mahdollisuus tuhansien eurojen tappioihin, jos säilytysolosuhteiden muutosta ei huomata ajoissa.

3 LÄMPÖTILATALLENNIN SCHNEIDER ELECTRIC TR104

3.1 Perustiedot

TR104-lämpötilatalleinnin on tarkoitettu reaaliaikaiseen lämpötilojen tallennukseen ja seurantaan. Lämpötilatalleinninta voidaan käyttää kaikissa kohteissa, joissa tarvitaan kohteen lämpötilan tallennusta. Käyttökohteita voivat olla esimerkiksi sairaaloiden, keittiöiden, ravintoloiden ja kauppojen kylmiöt ja pakastimet. (Schneider Electric. 2014.) Tässä työssä tutkitaan kyseisen laitteen soveltuvuutta apteekin lääkejääkaappien ja huoneilman lämpötilan mittaukseen.



KUVA 1. TR104 lämpötilatalleinnin (Schneider Electric. 2014.)

TR104 lämpötilatalleinnin tekniset ominaisuudet ovat:

- 3,5” värikosketusnäyttö (Kuva 2.)
 - resoluutio 240x320,
 - 65 000 väriä
- Liitäntäjohto pistotulpalla 1,5 m 230 V
- Ethernet RJ45-liitin

- 1 - 4 lämpötilamittausta
 - Mittausantureissa 5 m:n kaapelit
 - Antureihin saatavilla kahden, viiden ja kymmenen metrin jatkojohtoja
- Kokonaismittaustarkkuus
 - T650-elementillä $\pm 0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - T3150-elementillä $\pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Lämpötilojen tallennus muistitikulle 5 minuutin välein
- Voidaan liittää valvontajärjestelmään Modbus TCP -protokollalla tai Schneider Electric -pilvipalveluun (Schneider Electric. 2014.)



KUVA 2. Laitteen kosketusnäyttö (Schneider Electric. 2014.)

3.2 Tuotekuvaus

Lämpötilatallentimella voidaan mitata lämpötilaa samanaikaisesti neljästä eri kohteesta. Mittaus tapahtuu Pt100-antureilla. Mittauskohteiden lämpötilat näkyvät laitteen kosketusnäytöllä yhden desimaalin tarkkuudella. Mitatut lämpötilat tallennetaan laitteen muistiin viiden minuutin välein. Muistiin tallentuu viimeisen 12 kuukauden mittaukset. Jokaiselle mittaukselle voidaan asettaa omat yksilölliset ylä- ja alahälytysrajat laitteen kosketusnäytön avulla tai valvontajärjestelmän kautta. Mittaukset voidaan myös nimetä halutulla tavalla (esimerkiksi JK1, Jääkaappi 1, Kylmiö 2 jne.). Laite voidaan liittää valvontajärjestelmään tai pilvipalveluun RJ45-portin kautta. Näin mittaustuloksia voidaan seurata myös esimerkiksi kotoa käsin tietokoneelta.

3.3 Laitteisto

TR104-lämpötilatallentimen laitteistokokoonpano on hyvin yksinkertainen. Laite koostuu säätimestä, kosketusnäytöstä, kahdesta lämpötilalähtimestä, virtalähteestä sekä Pt100-lämpötila-antureista (maksimi 4 kpl). Säädin on verrattavissa yksinkertaiseen ohjelmoitavaan logiikkaan.

3.3.1 Säädin

Laitteen ”aivoina” toimii Magelis HMISCU6B5-säädin. Säädin kuuluu Schneiderin Magelis -tuoteperheeseen ja on yksi tuoteperheen pienimmistä HMI-säätimistä (HMI = Human Machine Interface). Rajapinta laitteen ja käyttäjän välillä syntyy kosketusnäytön avulla. Säädin on tarkoitettu yksinkertaisten prosessien säätöön.

Säätimeen voidaan liittää:

- 8 kpl digitaalituloja
- 8 kpl digitaalilähtöjä
- 4 kpl analogiatuloja
- 2 kpl analogialähtöjä

Lisäksi säätimessä on CAN- ja Ethernet-liittynät. Näiden avulla laite voidaan liittää osaksi suurempaa järjestelmää. Se voidaan liittää esimerkiksi yhteen rakennusautomaation kanssa, jolloin käyttöön avautuu paljon uusia mahdollisuuksia, kuten huonelämpötilan pudotus vikatilanteessa.

3.3.2 Lämpötilalähetin

TR104-lämpötilatallentimessa on kaksi lämpötilalähetintä, jotka on kytketty kanaviin kolme ja neljä. Lähettimet ovat tyypiltään RMPT23BD ja niiden lämpötila-alue on $-100\text{ }^{\circ}\text{C} \dots 100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Lähettimet muuntavat Pt100-lämpötila-antureiden resistanssin 0 - 10 voltin jänniteviestiksi. Lähettimien tarkkuus on $\pm 0,5\%$ kolmi- ja nelijohdinkytkenöillä $20\text{ }^{\circ}\text{C}$:een lämpötilassa. (Schneider Electric. 2015b.)

3.3.3 Anturit

Lämpötilatallentimessa käytettävät anturit ovat Pt100-lämpötila-antureita. Pt100-anturi on platinasta valmistettu vastuslämpötila-anturi, jonka resistanssi muuttuu lämpötilan mukaan. Anturin resistanssi on 100 ohmia 0 °C:een lämpötilassa.

Antureita on valittavissa kaksi erilaista tarpeen mukaan. T650-mittauselementti (Kuva 3.) on pääasiallisesti tarkoitettu asennettavaksi mitattavaan tilaan ja T3150-mittauselementti (Kuva 4.) pääasiallisesti seinän läpi ei kiinteästi asennettuihin laitteisiin (Schneider Electric. 2015c.). Molemmat anturit on varustettu M12-liittimellä ja 5 metrin liitosjohdolla. KytKentä on tehty nelijohdinkytkenällä.



KUVA 3. T650-mittauselementti. (Schneider Electric. 2015c.)



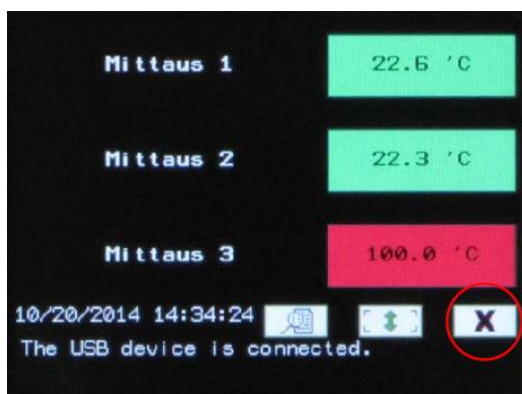
KUVA 4. T3150-mittauselementti. (Schneider Electric. 2015c.)

3.4 Käyttöönotto

TR104-lämpötilatallentimen käyttöönotto on todella helppoa. Mittausanturit asetetaan mitattaviin kohteisiin ja kytketään kiinni laitteeseen kierreliitoksella, asennuksessa ei tarvita työkaluja. Lopuksi laitteen virtakaapeli kytketään pistorasiaan, jolloin laite käynnistyy.

3.4.1 Hälytysrajojen ja mittausten nimien asettelu

Kun laite on käynnistynyt, näytön alareunaan tulee ilmoitus kytketystä USB-muistilaitteesta (kuvio 1). Ilmoitus saadaan kuitattua painamalla X-painiketta näytön oikeassa alakulmassa. Mittauskenttien värit indikoivat mittausten ylä- ja alahälytysrajoja. Vihreä väri osoittaa mittauksen olevan sallituissa rajoissa, punainen kuvaa ylärajan ylitystä ja sininen alarajan alitusta. (Schneider Electric. 2014.)



KUVIO 1. Aloitusnäyttö (Schneider Electric. 2014.)

Laitteen asetuksiin päästään käsiksi painamalla näytön vasenta alareunaa yli viiden sekunnin ajan. Asetusnäyttö 1 on kuvion 2 mukainen. Tässä näytössä saadaan valittua, mitkä mittaukset ovat käytössä, sekä aseteltua mittausten nimet. Oletusasetuksena kaikki mittaukset ovat käytössä ja mittaukset ovat nimetty mittaus 1, mittaus 2, mittaus 3 ja mittaus 4. Mittaus saadaan asetettua päälle tai pois päältä asetusnäyttö 1:n vasemmassa reunassa olevilla painikkeilla. Vihreä merkki indikoi käytössä olevaa mittausta ja harmaa pois käytöstä olevaa. Mittausten nimet saadaan muutettua painamalla kyseisen mittauksen nimeä, jolloin avautuu näppäimistönäkymä (kuvio 3). Näppäimistöllä kirjoitetaan haluttu mittauksen nimi ja hyväksytään se enter-näppäimellä. (Schneider Electric. 2014.)



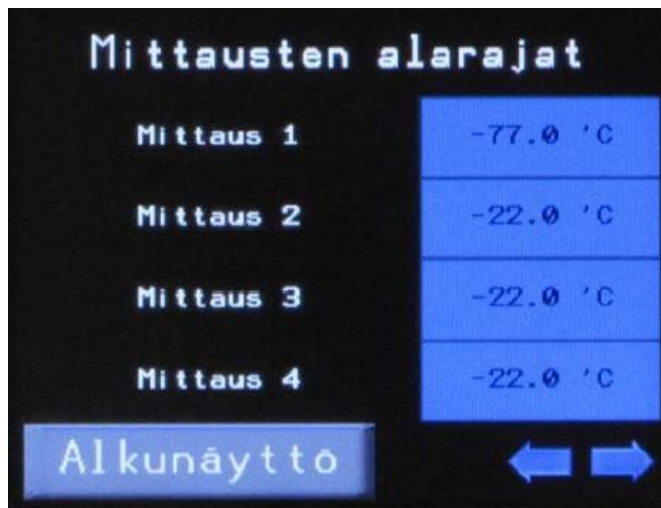
KUVIO 2. Asetusnäyttö 1 (Schneider Electric. 2014.)



KUVIO 3. Näppäimistönäkymä (Schneider Electric. 2014.)

Asetusnäyttö 2 on kuvion 4 mukainen. Siihen päästään asetusnäyttöjen alareunassa olevien nuolien avulla. Tästä näytöstä saadaan asetettua mittausten alarajat. Halutun mittauksen alarajaa saadaan muutettua painamalla sen alarajakenttää, jolloin aukeaa numero-näyttö. Haluttu alaraja asetetaan numeroilla ja lopuksi hyväksytään enter-näppäimellä. Rajat saadaan asetettua yhden desimaalin tarkkuudella. (Schneider Electric. 2014.)

Asetusnäyttö 3 on vastaava kuin asetusnäyttö 2, mutta siitä asetellaan mittausten hälytyksien ylärajat. Ylärajojen muuttaminen tapahtuu samalla tavalla kuin alarajojen muuttaminen. Alkunäyttöön palataan koskettamalla näytön alareunassa olevaa alkunäyttö-painiketta.



KUVIO 4. Asetusnäyttö 2 (Schneider Electric. 2014.)

3.4.2 Verkko- ja kelloasetukset

Asetusnäyttö 4 on kuvion 5 mukainen. Siitä saadaan muutettua laitteen kello- ja verkkoasetuksia sekä siirrettyä mittaustulokset USB-muistilaitteelle. Jotta mittaustulokset voidaan siirtää USB-muistiin, täytyy USB-muistilaitteen olla kytkettynä TR104:n sisällä olevaa USB-porttiin. Tiedot tallentuvat muistitikulle .DAT-muotoon. Jos tuloksia halutaan tarkastella Excel-ohjelmistolla, ne tulee muuttaa .CSV-muotoon. Muuttaminen onnistuu Data Manager -ohjelmistolla, joka löytyy muistitikulta valmiina asennettavaksi. (Schneider Electric. 2014.)



KUVIO 5. Asetusnäyttö 4 (Schneider Electric. 2014.)

4 APTEEKIN NYKYINEN LÄMPÖTILANMITTAUSJÄRJESTELMÄ

Ideaparkin apteekissa on tällä hetkellä käytössä MeshWorks Wireless Oy:n SeeMoto-lämpötilanseurantalaitteisto. Laitteisto koostu TGG-tukiasemasta ja langattomista antureista. Järjestelmään on asetettu hälytysrajat jokaiselle anturille ja niiden ylittyessä apteekin matkapuhelimiin tulee ilmoitus sallitun lämpötilan ylityksestä tai alituksesta.

4.1 TGG-tukiasema

Tukiasema muodostaa linkin antureiden ja SeeMoto-palvelun välillä. Tukiaseman paikallinen radioverkko kerää tiedon antureilta ja lähettää sen SeeMoto-palvelimelle. (SeeMoto. 2015c.)



KUVA 5. TGG-tukiasema. (SeeMoto. 2015a.)

TGG-tukiaseman ominaisuudet ovat:

- yhteensopiva Seemoto 2,4 GHz antureiden kanssa
- ulkoiset antennit
- pieni virrankulutus
- käyttöjännite 9 - 31VDC
- käyttölämpötila -40 °C - +80 °C
- SMS- ja/tai GPRS-dataraportointi (SeeMoto. 2015a.)

4.2 Anturit

SeeMoto-järjestelmän lämpötila-anturit ovat langattomia. Ideaparkin apteekissa kyseisiä antureita on seitsemän kappaletta. Neljä niistä on jääkaapeissa ja yksi viileäkaapissa. Kaksi antureista mittaa varastotilojen lämpötiloja. Jokaiselle anturille on omat hälytysrajansa ja ne antavat hälytyksen tukiasemalle, jos hälytysrajat rikotaan.



KUVA 6. Lämpötila-anturi. (SeeMoto. 2015b.)

Lämpötila-anturien ominaisuudet ovat:

- yhteensopiva SeeMoto-tukiasemien kanssa
- toimintaetäisyys 200 - 400 m esteettömässä tilassa
- käyttölämpötila -40 °C - +80 °C
- tarkkuus $\pm 0,4$ °C
- raportoi lämpötilan, paristojen jännitteen ja radioverkon laadun
- sisäinen muisti 8000 mittaukselle (jos anturi on tukiaseman verkon ulkopuolella)

(SeeMoto. 2015b.)

4.3 SeeMoto Web

SeeMoto Web on selainpohjainen käyttöliittymä, joka mahdollistaa kiinteiden ja liikkuvien kohteiden seurannan Internet-selaimen avulla. Sen ominaisuuksiin kuuluu raporttien luominen, historiatiedon tallennus, reaaliaikainen seuranta ja hälytysten luominen. (SeeMoto. 2015d.)

5 TR104-LÄMPÖTILATALENTIMEN VERTAILU MUIHIN VASTAAVIIN JÄRJESTELMIIN

Tässä luvussa vertaillaan TR104-lämpötilatalenninta muiden valmistajien vastaaviin järjestelmiin ja esitellään kunkin järjestelmän vahvuuksia ja heikkouksia. Vertailtavia järjestelmiä ovat jo apteekissa tällä hetkellä oleva SeeMoto-lämpötilanmittausjärjestelmä sekä Nokeval Oy:n laitteista koottu järjestelmä. Vertailun yksiköinä käytetään muun muassa hankinta- ja ylläpitokustannuksia, käytettävyyttä, luotettavuutta ja tarkkuutta.

5.1 Nokevalin langaton mittausjärjestelmä

Nokevalin Internet-sivuilla ei ollut valmista järjestelmää, joka olisi tarkoitettu juuri apteekkiympäristöön. Sopiva järjestelmä saatiin valittua olemalla yhteydessä suoraan Nokevalin myyntiin. Yritysvierailun avulla saatiin hyvä käsitys Nokevalin tuotteista sekä yrityksestä ylipäättään. Vierailulla Nokevalin myyntiedustaja esitteli mittalaitteita, joilla kyseinen mittaus voidaan suorittaa.

5.1.1 Nokevalin lämpötilalähetimet

Apteekin olosuhdeseurantaan soveltuviksi laitteiksi valittiin langaton kylmätilalähetin FT10-RT433-IS, langaton lämpötila- ja kosteuslähetin FT10-RT433-RHT sekä Ovalink tukiasema. Ideaparkin apteekin tapaukseen tarvittaisiin kylmätilalähettimiä 5 kpl, lämpötila- ja kosteuslähettimiä 2 kpl ja tukiasemia 1 kpl. Kylmätilalähettimet tulisivat jää- ja viileäkaappeihin ja lämpötila- ja kosteuslähettimet valmistustilaan ja varastoon. Tukiasema sijoitettaisiin sellaiseen paikkaan, josta lähettimillä on mahdollisimman hyvä yhteys siihen. FT10-RT433-IS on esitetty kuvassa seitsemän ja FT10-RT433-RHT kuvassa kahdeksan.

FT10-RT433-IS on langaton lämpötilalähetin ja se on tarkoitettu kylmien tilojen lämpötilojen mittaamiseen. Laitteessa on sisäinen Pt100-anturi ja laite koostuu radiolähetinmoduulista, mittausmoduulista sekä piiska-antennista. (Nokeval. 2015a.)

FT10-RT433-IS lämpötilalähtetimen ominaisuudet ovat:

- tarkkuus $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- mittausalue $-30 - +60\text{ }^{\circ}\text{C}$
- lähetysväli 5 s - 5 min
- kantama avoimessa tilassa 1000 metriä
- lähtösignaalin taajuus 433 MHz
- käyttöjännite 1,5 V (AA-alkali paristo)
- akun kesto yli 3 vuotta (80 sekunnin lähetysvälillä)
- hyväksynyt CE ja EN13485 (Nokeval. 2015a.)



KUVA 7. FT10-RT433-IS langaton lämpötilalähetin. (Nokeval. 2015a.)

FT10-RT433-RHT on langaton kosteus- ja lämpötilalähetin jolla voidaan helposti valvoa kohteita, joista halutaan mitata lämpötilan lisäksi kosteutta. Tyypillisiä kohteita ovat esimerkiksi rakennusten alapohjat sekä varastot. (Nokeval. 2015b.)

FT10-RT433-RHT lähtetimen ominaisuudet ovat:

- lämpötila-anturi Pt100
- suhteellisen kosteuden mittaus
- tarkkuus
 - kosteudella $\pm 3\text{ \%RH}$ alueella $0...+50\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - lämpötilalla $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- mittausalue $-30 - +60\text{ }^{\circ}\text{C}$, 0-100 %RH ei-kondensoituva
- lähetysväli 5 s - 5 min
- kantama avoimessa tilassa 1000 metriä
- lähtösignaalin taajuus 433 MHz

- käyttöjännite 1,5 V (AA-alkali paristo)
- akunkesto yli 3 vuotta (80 s lähetysvälillä)
- hyväksynyt CE ja EN13485 (Nokeval. 2015b.)



KUVA 8. FT10-RT433-RHT langaton lämpötila- ja kosteuslähetin. (Nokeval. 2015b.)

5.1.2 Ovalink tukiasema

Ovalink-tukiasema (Kuva 8.) siirtää langattomien lähettimien ja RS485-lähdöllä varustettujen lähettimien mittaustiedot GSM/GPRS-modeemilla Internetin kautta OVA-palveluun. Selainpohjaisella Ovaport-ohjelmalla voidaan seurata mittaustietoja kirjautumalla omilla tunnuksilla palveluun. (Nokeval. 2015c.)



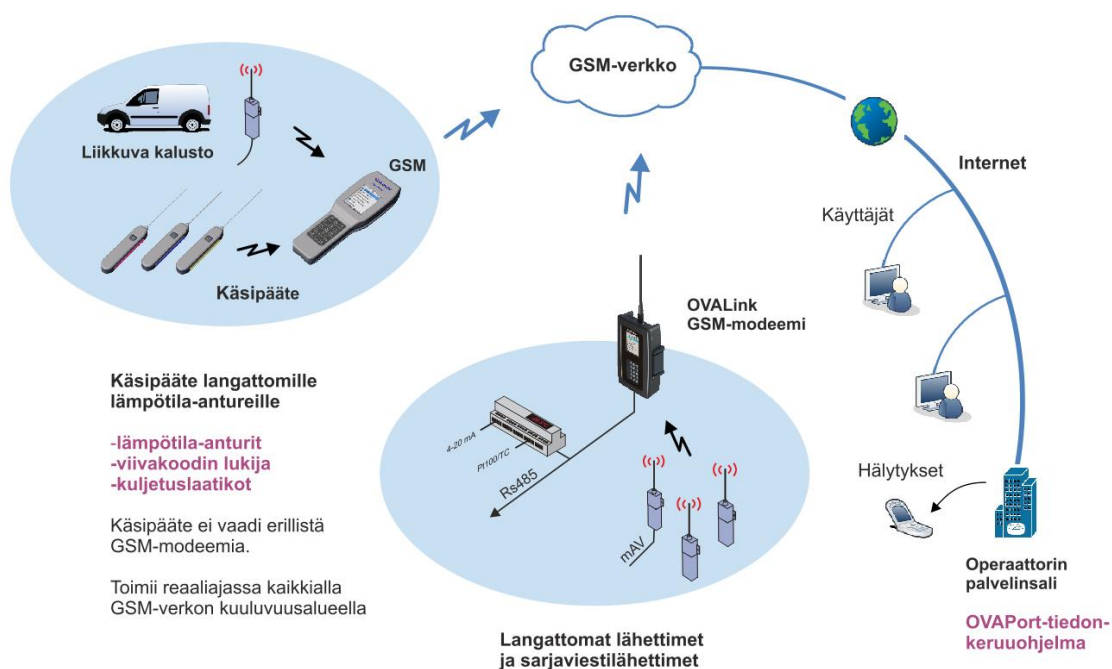
KUVA 9. Ovalink-tukiasema. (Nokeval. 2015c.)

Ovalink-tukiaseman ominaisuudet ovat:

- radiovastaanotin 433,92 MHz
- RS485-liityntä (ModbusRTU)
- GSM/GPRS-modeemilähtö
- 2,8" TFT-väri näyttö
- haihtumaton muisti noin 2000 mittaustulokselle
- käyttöjännite 24 VDC (9-28 VDC)
- sähkökatkovarmistus: sisäinen litiumpolymeeriakku
- käyttölämpötila -20 - +45 °C (Nokeval. 2015c.)

5.1.3 Ovaport

Nokeval Ovaport on selainpohjainen tiedonkeruu- ja raportointijärjestelmä. Tiedot kerätään Internetin välityksellä Ovalink- ja Ovaterm-päätelaitteilta ja ne varmuuskopioidaan Nokevalin omalle palvelimelle. Tietoja voidaan seurata ja raportoida Ovaport-selainliittymässä suojatun https-yhteyden läpi. Hälytykset voidaan lähettää tekstiviestillä tai sähköpostilla. Järjestelmän toimintaperiaate on esitetty kuviossa kuusi. (Nokeval. 2015d.)



KUVIO 6. Ovaport-järjestelmän periaatekuva. (Nokeval. 2015d.)

5.2 Järjestelmien vertailu

Järjestelmien vertailu tapahtuu kerättyjen tietojen ja järjestelmien edustajien kertomien kokemusten ja tietojen perusteella. Mitään fyysisiä ja konkreettisia testejä ei suoriteta rajallisen ajankäytön ja resurssien vuoksi.

5.2.1 Käyttöönotto

Vertailussa olevien kolmen eri lämpötilamittausjärjestelmän käyttöönottotavat eroavat toisistaan jonkin verran. Schneider Electricin TR104-lämpötilatallentimen käyttöönotto on hyvin yksinkertaista muihin järjestelmiin verrattuna. Käyttöönoton voi suorittaa laitteen hankkija itse mukana tulevien ohjeiden perusteella. Käytännössä se tapahtuu asettamalla anturit pisteisiin, joista halutaan lämpötilaa mitata ja kytkemällä laitteen virtajohto pistorasiaan. Laitteen käynnistyttyä asetetaan mittauksille halutut nimet ja hälytysrajat. Näin laite on valmiina käyttökunnossa. Heikkoutena TR104:n käyttöönotossa voidaan mainita antureiden kaapelien asentaminen, sillä kaapelien veto vie hieman aikaa.

SeeMoto-järjestelmän käyttöönotossa on kaksi vaihtoehtoa. Laitteet voi tulla käyttöönottamaan asentaja, jolloin käyttäjältä veloitetaan kilometrikorvaukset ja asennustunnit. Toinen vaihtoehto on, että käyttäjä suorittaa käyttöönoton itse. Tällöin käyttöönotto tapahtuu etäasennuksena, johon sisältyy asennus- ja käytönopastus postikuluineen.

Nokeval Oy:n järjestelmän käyttöönotto tapahtuu avaimet käteen -periaatteella. Asentaja tulee asennuspaikalle ja asentaa laitteet käyttövalmiiksi. Asennus- ja käyttöönottopalvelu kuuluu hankintahintaan.

TAULUKKO 2. Käyttöönoton vertailu

Järjestelmä	Plussat	Miinukset
TR104	Voi tehdä itse Helppo ja nopea	Antureiden kaapelien veto
SeeMoto	Voi tehdä itse tai ostaa asennuspalvelu	Kustannukset
Nokeval	Kuuluu hankintahintaan	-

5.2.2 Käytettävyys

TR104-lämpötilalennin on käytettävyydeltään hyvin yksinkertainen. Laitetta pystytään käyttämään sen omasta kosketusnäytöstä. Näytöstä pystytään seuraamaan lämpötiloja, näkemään hälytykset sekä voidaan asettaa mittauksille uudet nimet ja hälytysrajat. Järjestelmä ei siis ole riippuvainen muista laitteista, kuten tietokoneista. Lämpötiloja pystytään seuraamaan vaikka tietokoneet eivät olisi toimintakunnossa. Tarvittaessa laite voidaan kytkeä Schneider Electricin pilvipalveluun RJ45-liittimen avulla, jolloin lämpötiloja voidaan seurata myös etäyhteyden avulla. Tämän ominaisuuden käyttöönotto lisää järjestelmän käyttökustannuksia,

SeeMoto-lämpötilaseurantajärjestelmän käyttäminen onnistuu vain tietokoneen ja Internet-yhteyden avulla. Järjestelmää ei siis pystytä käyttämään itsenäisesti, jos ei ole käytettävissä tietokonetta, jolla päästään kirjautumaan SeeMoto Web-palveluun. SeeMoto Web-palvelu kuuluu kuitenkin vakiona järjestelmään, jolloin ominaisuus jolla päästään tarkastelemaan lämpötiloja etäyhteyden avulla, ei lisää järjestelmän käyttökustannuksia.

Nokevalin järjestelmän käyttö onnistuu etäyhteydellä ja paikallisesti. Järjestelmän Ova-link-tukiasemassa on pieni näyttö, josta pystytään seuraamaan mitattuja lämpötiloja sekä muuttamaan hälytysrajoja. Lisäksi mittaustuloksia pystytään seuraamaan etäyhteyden avulla tietokoneelta käsin Ovaport-palvelun kautta. Ovaport-palvelusta nähdään reaaliaikainen mittaustulos sekä mittaushistoria ja hälytykset.

TAULUKKO 3. Käytettävyyden vertailu

Järjestelmä	Plussat	Miinukset
TR104	Riippumattomuus muista laitteista Paikallinen seuranta ja ohjelmointi	Etäseuranta lisää käyttökustannuksia
SeeMoto	Etäseuranta vakiona Monipuoliset historiatiedot	Ei mahdollisuutta paikalliseen seurantaan
Nokeval	Etäyhteys ja paikallinen mittaustuloseuranta vakiona	-

5.2.3 Luotettavuus ja tarkkuus

Eri järjestelmien luotettavuudet poikkeavat toisistaan, koska kaikkien järjestelmien mitaustavat ja anturien mittausviestien välitys vastaanottimelle ovat erilaiset. Schneiderin laitteessa anturin mittausviesti välitetään laitteelle kaapelia pitkin. Näin mittaus on hyvin luotettava eikä siihen vaikuta ulkoiset tekijät kuten radiohäiriöt, joita aiheuttavat monet sähkölaitteet. Mittaustulos saadaan perille myös hankalista kohteista, kuten paksu seinäisistä kylmiöstä ja jääkaappien sisältä. Jääkaapit ovat usein metallisia kaappeja, joten niitä voidaan verrata Faradayn häkkiin. Metalliset seinämät estävät tai heikentävät radioaaltojen pääsyä kaapin sisäpuolelle. Johdinmittauksella nämä eivät kuitenkaan aiheuta ongelmaa, koska mittausviesti kulkee ilman häiriöitä kaapelia pitkin. Lisäksi TR104-lämpötilatallentimen anturit asetetaan mittaushetkellä lämpöä johtavan putken sisään jolloin saadaan mitattua jääkaapissa olevien tuotteiden lämpötilaa ilman lämpötilan sijaan.

SeeMoto-järjestelmän anturien mittausviesti välitetään tukiasemalle langattomasti. Viestin siirrossa käytetään 2,4 GHz taajuutta, joka on samaa luokkaa wlan-taajuuksien kanssa. Käytössä on huomattu, että antureiden ollessa jääkaapissa on kuuluvuus anturin ja tukiaseman välillä ajoittain heikkoa. Tämän vuoksi mittaus voi pätkiä ja se heikentää järjestelmän luotettavuutta.

Myös Nokevalin järjestelmässä mittausviesti lähetetään tukiasemalle langattomasti. Lähetin toimii lupavapaalla 433,92 MHz:n IMS-taajuusalueella (Industrial, Scientific, Medical). Lähetystaajuus ja -teho on valittu niin, että mittaukset ovat mahdollisia myös suljetuista teräseinäisistä kylmiöistä. Lähettimen teho on toisaalta niin matala, ettei se aiheuta mitään haittaa eläville organismeille eikä lähistöllä oleville muilla taajuuksilla toimiville laitteille. (Nokeval. 2015e.)

Näistä kolmesta järjestelmästä Schneiderin järjestelmä on kaikkein luottavin mittaustapansa vuoksi. Kahdesta langattomasta järjestelmästä luotettavammaksi todetaan Nokevalin järjestelmä. Tämä voidaan perustella fysiikan lakien perusteella. Pienempi lähetystaajuus takaa pidemmän kantamatkan pienemmällä tehon tarpeella. Tämä nähdään myös valmistajien ilmoittamista kantavuusalueista. SeeMoto-järjestelmälle luvataan kantamaksi 200 - 400 metriä esteettömässä tilassa, kun taas Nokevalin tuotteilla vapaan tilan

kantama on jopa 1000 metriä. TR104-lämpötilatallentimella kantamaa ei ole periaatteessa rajoitettu, koska kaapeleita voidaan jatkaa.

Valmistajien ilmoittamat tarkkuudet käyvät ilmi taulukosta neljä. Niiden perusteella TR104-lämpötilatallennin on kaikkein tarkin riippumatta siitä suoritetaanko mittaus T650- vai T3150-anturilla. SeeMoto-järjestelmän ja Nokevalin järjestelmän tarkkuudeksi on ilmoitettu sama $\pm 0,5$ °C.

TAULUKKO 4. Järjestelmien ilmoitetut tarkkuudet.

Järjestelmä	Tarkkuus
TR104	$\pm 0,2$ °C (T3150-anturilla) $\pm 0,4$ °C (T650-anturilla)
SeeMoto	$\pm 0,5$ °C
Nokeval	$\pm 0,5$ °C

5.2.4 Kalibrointi ja toiminta-aika

Mittalaitteiden tarkkuus heikkenee ajan kuluessa, joten ne vaativat kalibrointia. Kalibroinnilla tarkoitetaan mittalaitteen mittaustarkkuuden toteamista. Kalibroinnilla todetaan, onko mittalaitteen antama mittaustulos mittaalueella sallittujen rajojen sisäpuolella. Jos mittaustuloksessa havaitaan liikaa heittoa ja se ei ole sallittujen rajojen sisäpuolella, täytyy mittalaite virittää. Virityksellä asetetaan mittalaite näyttämään oikeaa mittaustulosta tietyssä lämpötilassa.

TR104-lämpötilatallennin ei vaadi kalibrointia. Jos laitteen näyttämä lämpötila alkaa heitellä, on vika anturin liittimessä tai itse anturissa. Tällöin kyseiset osat täytyy vaihtaa toimiviin.

Seemoto-järjestelmän kalibrointi ei kuulu järjestelmän palvelukokonaisuuteen. Hankintatilanteessa laitteiden mukana toimitetaan kalibrointitodistukset, mutta tulevista kalibroinneista ei valmistaja kerro esitteissään mitään. Jos laitteita käytetään vuosia yhtäjaksoisesti kalibroimatta, voidaan todeta, että laitteen mittaustarkkuus heikkenee ajan myötä.

Nokevalin laitteilla palvelusopimus kattaa laitteiden kalibroinnin määräajoin. Langattomissa lähettimissä on erillinen mittausmoduuli, joka voidaan vaihtaa. Näin ollen käyttäjä pystyy itse vaihtamaan mittausmoduulit ja varmistumaan laitteiden mittaustarkkuudesta. Käyttäjälle toimitetaan määräajoin kalibroidut mittausmoduulit ja käyttäjä vaihtaa ne vanhojen tilalle. Vanhat moduulit lähetetään takaisin tehtaalte kalibroitavaksi.

Myös järjestelmien toiminta-ajoissa on eroja. Tässä tapauksessa toiminta-ajalla tarkoitetaan anturien paristojen toiminta-aikaa. Schneiderin laitteella ei ole rajoitettua toiminta-aikaa, koska anturit eivät tarvitse omaa jännitelähdettä. Myös itse säädin toimii verkkovirralla, joten siihenkään ei ole tarvetta vaihtaa paristoja. Sähkökatkosteessa laite sammuu, jolloin ei mittauksia saada ennen kuin sähkökatkos päättyy.

SeeMoto-järjestelmän antureille toiminta-ajaksi valmistaja lupaa 4 - 10 vuotta. Aika on todennäköisesti erittäin riippuvainen ympäröivästä lämpötilasta. Kylmemmissä olosuhteissa toiminta-aika lyhenee. Tukiasema puolestaan toimii verkkovirralla, joten se sammuu sähkökatkoksesta Schneiderin järjestelmän tapaan. Anturit kuitenkin jatkavat toimintaansa ja niissä on sisäinen muisti 8000 mittaukselle.

Nokeval lupaa lämpötilälähettille toiminta-ajaksi yli 3 vuotta 80 sekunnin lähetysvälillä. Tiheämpi lähetysväli lyhentää toiminta-aikaa. Myös tukiaseman toiminta on varmistettu sähkökatkoksen varalta. Laitteessa on oma akku, jonka turvin se jatkaa toimintaa sähkökatkoksen aikana.

5.2.5 Kustannukset

Kustannukset ovat hyvin merkittävä tekijä mitä tahansa hankintoja tehtäessä. Vertailtavat järjestelmät ovat erilaisia ja niiden ominaisuudet ovat erilaisia, joten myös niistä syntyvät kustannukset ovat erisuuruisia. Laitteiden hankinta- ja ylläpitokustannuksia on vertailtu taulukossa viisi.

TAULUKKO 5. Kustannuksien vertailu.

Järjestelmä	Hankinta	Kuukausimaksu
TR104	n. 1300 €	-
SeeMoto	n. 1200 € (sis. 1 kpl tukiasema, 7 kpl antureita), ei sisällä asennusta (100 €)	n. 45 €/kk
Nokeval	n. 1000 € (sis. 1 kpl tukiasema, 7 kpl antureita, asennus)	n. 120 €/kk (sis. kalibroinnit)

Vertailusta huomataan, että TR104 on hankintahinnaltaan hieman kalliimpi kuin kaksi muuta järjestelmää. Ideaparkin apteekin tapauksessa täytyy ottaa myös huomioon, että mittauspisteitä on seitsemän. Schneiderin laitteessa on liitännät vain neljälle mittaukselle, joten laitteita tarvittaisiin kaksi kappaletta, jolloin hankintahinta kasvaa melkein kaksinkertaiseksi. SeeMoton ja Nokevalin hinnat sisältävät laitteet juuri Ideaparkin apteekin tarpeita ajatellen.

Kuukausimaksua TR104-lämpötilatallentimessa ei ole ollenkaan, joka on huomattava etu toisiin järjestelmiin verrattuna. Nokevalin järjestelmän kuukausimaksu sisältää myös laitteiden kalibroinnit, joten siitä ei aiheudu lisäkuluja käyttäjälle. Jos mittauspisteitä olisi maksimissaan neljä kappaletta, Schneiderin laitteen suurempi hankintahinta kompensoituisi nopeasti, koska siinä ei ole kuukausimaksuja.

6 TR104:N KEHITYS APTEEKKIYMPÄRISTÖÖN

TR104-lämpötilatallennin sopii sellaisenaan apteekkiympäristöön pienin varauksin. Joi-takin laitteen ominaisuuksia olisi hyvä hieman muokata ja muutamalle lisäominaisuu-delle olisi myös käyttöä.

6.1 Puutteet

Laitteen soveltumista apteekkiympäristöön tutkittaessa havaittiin, että siinä on muuta-mia puutteita, jotka olisi hyvä korjata apteekkiympäristöä ajatellen. Sellaisenaan laite sopii pieneen apteekkiin, jossa on enintään neljä mitattavaa kohdetta. Mittauskohteiden määrä rajoittuu neljään, koska TR104-lämpötilatallentimessa on sisääntulot vain neljälle mittaukselle. Jos mittauksia vaativia pisteitä on enemmän, tulisi käyttäjän hankkia toinen laite, jolloin hankintakustannukset kasvavat huomattavasti. Myös laitteen säädin rajoit-taa mittauksien määrän neljään, koska siinä on vain neljä analogista tulokanavaa. Ideaparkin apteekin tapauksessa mittauspisteitä on seitsemän, jolloin yhdellä laitteella ei saada mitattua kaikkia pisteitä.

Toinen puute, joka havaittiin tutkimusten aikana, on hälytykset. Laitteen näytöltä näh-dään, mikäli jokin mittaus on sallittujen rajojen ulkopuolella, mutta hälytyksistä ei il-moiteta muulla tavalla. Kiireisenä päivänä apteekin henkilökunta ei välttämättä huomaa seurata laitteen näyttöä, jolloin mahdollisia hälytyksiä ei huomata ja vaarana on tuottei-den pilaantuminen. Vastaava tilanne on silloin, kun apteekissa ei ole kukaan paikalla. Esimerkiksi juhlapyhien aikaan apteekki voi olla muutaman päivän kiinni, jolloin siellä ei ole myöskään henkilökuntaa seuraamassa jääkaappien lämpötiloja. Jos jääkaappi ha-joaa silloin, kun ketään ei ole paikalla, on mahdollista, että jääkaapin lämpötila pääsee kohoamaan liikaa ennen kuin siihen osataan reagoida.

Myös langallinen mittaus herättää hieman epäilyksiä apteekin henkilökunnassa. Mitta-ustapa on hyvin varma ja luotettava, eikä siinä ilmene ongelmia kuuluvuuden kanssa. Ongelmana on lähinnä se, että jääkaapit ovat usein kaukana toisistaan, jolloin kaapeleis-ta tulee helposti hyvin pitkiä. Lisäksi ongelmana on anturin saaminen jääkaapin sisään. Anturin kaapeli voidaan viedä jääkaapin sisäpuolelle läpivientireiästä, jos sellainen löy-

tyy. Usein jääkaapeissa on sisällä valaisin ja termostaatti, joten niiden kaapelien läpivientejä voitaisiin hyödyntää anturien kaapeleiden vedossa. Tämä kuitenkin hankaloittaa ja hidastaa laitteen käyttöönottoa huomattavasti ja moni käyttäjä ei välttämättä halua sellaista itse suorittaa.

6.2 Ratkaisut

Pienillä muutoksilla laitteesta saataisiin jo huomattavasti paremmin soveltuva apteekkiympäristöön. Suurimmaksi puutteeksi havaittiin hälytysten toimittaminen käyttäjille, silloin kun apteekissa ei ole ketään paikalla. Laite on kuitenkin mahdollista liittää RJ45-portin kautta Schneiderin pilvipalveluun, mutta tämä aiheuttaa käyttäjälle lisäkuluja. Ongelma selviää lisäämällä laitteeseen gsm-moduuli. Laitteen säätimessä on käyttämättömiä lähtökanavia, joita voidaan hyödyntää tässä. Säätimeen voidaan ohjelmoida lähtökanava menemään päälle, kun joku mittaus antaa hälytyksen. Lähtökanava kytketään gsm-moduuliin, ja kun moduuli saa signaalin, se lähettää tekstiviestin käyttäjälle, jossa ilmoitetaan hälytyksestä. Tällöin käyttäjä on tietoinen hälytyksistä, vaikka ei ole kohteessa paikalla, ja jos hälytys tulee, niin hän voi lähteä tarkastamaan asian. Tämä on melko kustannustehokas ratkaisu, eikä lisää laitteen hankintakuluja huomattavasti.

Toinen mahdollisuus on lisätä laitteeseen summeri, joka ilmoittaa hälytyksestä. Summerin ääni tulee pystyä vaimentamaan nopeasti laitteen näytöltä hälytyksen ilmettyä. Tällä saadaan lisättyä hälytyksen huomattavuutta henkilökunnan ollessa paikalla, mutta ei kuitenkaan poista edellä mainittua ongelmaa. Summerin lisääminen ei kasvata kustannuksia suuresti.

Edellisessä luvussa mainitut tulokanavien rajallinen määrä ja langallinen mittaus ovat myös ongelmia, jotka pystytään ratkaisemaan. Tulokanavien lisääminen vaatisi säätimen vaihtoa sellaiseen malliin, jossa on enemmän kanavia käytössä. Tämä kuitenkin vaikuttaa huomattavasti laitteen rakenteeseen ja kustannuksiin, joten tähän asiaan ei perehdytä tässä työssä tämän enempää.

Langallisen mittauksen muuttaminen langattomaksi on myös mahdollista. Tämä vaatii uudet langattomat anturit sekä vastaanottimet. Muutos vaikuttaa kuitenkin heikentävästi

laitteen luotettavuuteen ja tarkkuuteen, mikä ei ole suotavaa. Lisäksi se vaikuttaa laitteen rakenteeseen ja kustannuksiin huomattavasti. Laite halutaan todennäköisesti pitää mahdollisimman luotettavana, tarkkana ja hinnaltaan kilpailukykyisenä. Jos langaton mittaus halutaan toteuttaa, on todennäköisesti järkevämpää luoda kokonaan uusi tuote TR104-lämpötilatallentimen rinnalle. Tällöin asiakas saa itse valita, kumpi laitteista on soveltuvampi hänen käyttöönsä ja tarpeitaan ajatellen.

7 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön aiheen suorittamista helpotti henkilökohtaiset yhteydet apteekkiin. Näin saatiin käyttäjäkohtaista kokemusta laitteista, järjestelmästä ja niiden toimivuudesta. Lisäksi yhteydet apteekkiin helpottivat selvittämään TR104-lämpötilatallentimen kehitystarpeita, koska apteekin henkilökunnalta saatiin selvitettyä, mitä he haluaisivat kyseiseltä järjestelmältä.

Työssä saatiin tutustuttua ennalta tuntemattomiin järjestelmiin ja niiden vaatimuksiin. Laitteet olivat osittain teknisesti tuttuja ja se helpotti joidenkin asioiden ymmärtämistä. Työn aikana opittiin selvittämään asioita itsenäisesti ja saattamaan kerätyt tiedot yhtenäiseksi paketiksi. Ongelmaksi osoittautui lämpötilaseurannan vaatimuksien selvittäminen, koska aiheesta ei tahtonut löytyä tietoa runsaasta etsinnästä huolimatta. Lopulta saatiin selvitettyä taho, joka vastaa näistä asioista, ja heidän avullaan asiat alkoivat selvitä.

Suoritettujen tutkimusten perusteella saatiin selvitettyä mitä, puutteita TR104-lämpötilatallentimessa on, sekä kuinka sitä voitaisiin kehittää apteekkiympäristöä ajatellen. Työn mielenkiintoa lisäsi se, että tällä tutkimuksella oli arvoa Schneider Electricille, koska sen avulla he saavat selvitettyä laitteelle mahdollisia uusia markkina-alueita.

LÄHTEET

Fimea. 2011a. Määräys 5/2011. Lääkkeiden toimittaminen.[pdf]. Luettu 19.3.2015.

www.fimea.fi/download/20644_Maarays_laakkeiden_toimittamisesta_SUOMI_2011-12-19.pdf

Fimea. 2011b. Määräys 6/2011. Apteekkien lääkevalmistus.[pdf]. Luettu 19.3.2015.

www.fimea.fi/download/20675_FINAL_Apteekkien_laakevalmistus_maarays_SUOMI_2011-12-16.pdf

Fimea. 2012. Lääkkeiden säilyvyys ja säilytysohjeet. Luettu 21.3.2015.

http://sic.fimea.fi/2_2012/laakkeiden_sailyvyys_ja_sailytysohjeet.aspx

Nokeval. 2015a. Langaton lämpötilalähetin FT10-RT433-IS. Luettu 8.4.2015.

http://www.nokeval.com/products.php?product_id=680&sid=12&mid=5&language=finnish

Nokeval. 2015b. Langaton lämpötila- ja kosteuslähetin FT10-RT433-RHT. Luettu 8.4.2015.

http://www.nokeval.com/products.php?product_id=788&sid=12&mid=5&language=finnish

Nokeval. 2015c. Ovalink tiedonkeruutukiasema. Luettu 8.4.2015.

http://www.nokeval.com/products.php?product_id=845&mid=13&sid=67&language=finnish

Nokeval. 2015d. Ovaport palvelupohjainen tiedonkeruu- ja raportointijärjestelmä. Luettu 8.4.2015.

http://www.nokeval.com/products.php?product_id=869&mid=13&sid=67&language=finnish

Nokeval. 2015e. FT10-sarja käyttöohje Versio 15. [pdf] Luettu 10.4.2015.

http://www.nokeval.com/pdf/manuals/fi/FT10-sarja_V1.0-2.3_2015-03-19_manual_FI.pdf

Schneider Electric. 2014. TR104 Käyttöohje V1.0.[pdf]. Luettu 25.2.2015. [sähköpostitse saatu]. kaisa.ruohonen@schneider-electric.com

Schneider Electric. 2015a. Yritys ja uramahdollisuudet. Luettu 18.2.2015.
<http://www.schneider-electric.fi/sites/finland/fi/yritys/yrityssivu.page>

Schneider Electric. 2015b. RMPT23BD datalehti.[pdf]. Luettu 23.3.2015.
http://www.schneider-electric.com/products/ww/en/2800-interface-measurement-control-relays/2820-interface-relays/611-zelio-analogue/?p_url=http://www.ops-ecat.schneider-electric.com/ecatalogue/browse.do%3fel_typ=product%26cat_id=BU_AUT_611_L3%26prd_id=RMPT23BD%26scp_id=Z000%26xtmc=rmpt23bd%26xtcr=1

Schneider Electric. 2015c. TR104 Hinnasto V1.0.[pdf]. Luettu 23.3.2015. [sähköpostitse saatu]. kaisa.ruohonen@schneider-electric.com

SeeMoto. 2015a. TG-Transceiver Gateway V1.2.[pdf]. Luettu 1.3.2015.
http://www.seemoto.com/docs/FI_TGG_TG_ver1.2.pdf

SeeMoto. 2015b. TS- Temperature Sensor V1.2.[pdf]. Luettu 1.3.2015.
http://www.seemoto.com/docs/FI_TS_ver1.2.pdf

SeeMoto. 2015c. TGG-Tukiasema. Luettu 1.3.2015.
<http://www.seemoto.com/fi/tuotteet-ja-palvelut/tgg-tukiasema>

SeeMoto. 2015d. SeeMoto Web. Luettu 1.3.2015.
<http://www.seemoto.com/fi/tuotteet-ja-palvelut/seemoto-web>